

J. Rakuno Gakuen Univ., 34 (1) : 35~46 (2009)

青海チベット鉄道を横断するチルーの行動パターン

井田 憲吾^{*1)}・星野 弘方¹⁾・梶 光一²⁾
伊吾田 宏正¹⁾・金子 正美¹⁾・S. Ganzorig¹⁾

Influence of the Qinghai-Tibetan Railway on Migration Pattern of Tibetan Antelope (*Pantholops hodgsoni*)

Kengo IDA¹⁾, Buho HOSHINO¹⁾, Koichi KAJI²⁾, Hiromasa IGOTA¹⁾, Masami KANEKO¹⁾ and S. Ganzorig¹⁾
(Accepted 27 July 2009)

1. 背景

チベットアンテロープ(*Pantholops hodgsoni*) (以下はチルーとする)は偶蹄目ウシ科で、チベット高原固有の大型哺乳類である。群れで生活し、オスにはまっすぐ伸びた長さ51~71 cmの細長い角が生えていることが特徴である¹⁾。

チルーの体毛はシャトゥーシュと呼ばれる高級毛織物として利用されており、数年前までは密猟・捕食(オオカミ・アカギツネ・大型猛禽類・牧羊犬など)・寄生虫などにより絶滅の危機にさらされていた。1975年にCITES(ワシントン条約)の附属書IIになり、1979年には附属書Iとなり、1966年、IUCN(国際自然保護連合)のVU(絶滅危惧II類)となっている。さらにチベット高原が2000年、中国に自然保護区に指定されたことにより、少しずつ個体数が回復している。チルーの生息している国(中国・インド・ネパール)では、特別な許可が無い限り、狩猟と取引を禁止している^{1),2),3),4)}。

チルーの生息地の気候は一年中寒く、風が強い。年間平均気温は氷点下である。夏の日中平均気温は15~20℃で、乾燥していて寒い。降雪はどの月でも起こり、年間降水量は100 mm以下である。繁殖地は、ほぼ荒廃しており、植物はまばらにしか生えていない。主な植物は*Ceratoides*(ケラトイデス属)である。越冬地では*Ceratoides*(ケラトイデス属)をはじめ、*Stipa*(イネ科)、*Kobresia*(カヤツリグサ科)と*Graminoids*(イネ科、イグサ科、カヤツリグサ科の総称)が主で、分布が少ないものには*Potentilla bifurca*(キジムシロ属)、*Saussurea stoliczkae*(トウ

ヒレン属)、*Leontopodium pusillum*(ゴマノハグサ科 シオガマギクの一属)と*Oxytropis*(オヤマノエンドウ属)などが生えている^{2),3)}。その中でもチルーが好んで食しているのは、*Graminoids*と雑草で、この中で*Carex moorcroftii*、*Kobresia* sp., *Poa* sp., *Stipa* sp.を好んでいて、雑草の中では*Oxytropis* sp., *Potentilla bifurca*と*Leontopodium pusillum*を好んで食べている^{2),3),4)}。

チルーの生息域は主にチベット高原だが、インドのラダックにまで広域にわたって分布している。今までの研究では、チルーは主に3カ所の越冬地があり、それは、Q:チベットの羌塘(チャンタン); A:新疆の阿爾金山(シンキョウアルジンサン); S:青海省の三江源(サンコウゲン)である(図1)。チルーの繁殖時期は早くて5月下旬、通常は6月~8月上旬となっている。チルーのメスは5月中旬~下旬に、3カ所の越冬地からメインの繁殖地であるK:可可西里(ココシリ)自然保護区に向かって出産するために大移動する⁴⁾(図1)。チルーの子供は成長が速く、生まれてから1時間ほどで歩けるようになる。1年くらいで親と同じくらいの大きさになり、チルーの子供は1年ほど経つと親離れしだし、オスは角の大きさが23~29 cmになり、2年で40 cmを超える。メスは1歳半~2歳半で妊娠し、2~3歳で出産する^{1),2),3),4)}。

2. 目的

三江源から繁殖地へ向かうチルーの群れには、必ず格爾木(ゴルムド, Golmud)~拉薩(ラサ, Lhasa)間を結ぶ青蔵公路(国道)を渡らなければならない、

* 2008年度酪農学園大学環境システム学部生命環境学科卒業生

¹⁾ 酪農学園大学環境システム学部生命環境学科

Rakuno Gakuen University Department of Biosphere and Environmental Sciences

²⁾ 東京農工大学農学部

Department of Ecoregion Science Laboratory of Wildlife Conservation Tokyo University of Agricultural and Technology

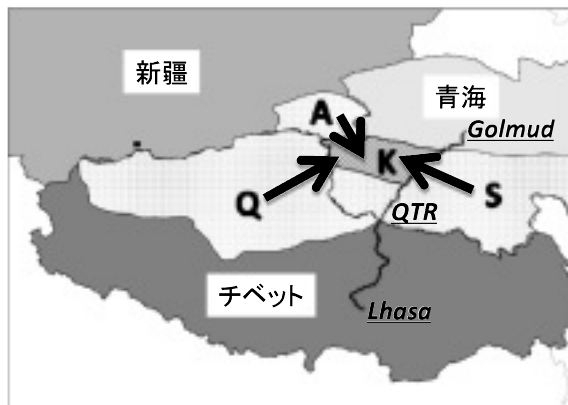


図1 研究対象地（メスチルーは出産のために越冬地の（Q），（A），（S）から長い旅をしながらメイン出産地のココシリ（K）のHuiten Nurを目指す）

2006年7月1日、格爾木－拉薩間を結ぶ青藏鉄道（Qinghai Tibetan railway, QTR）が開通したことにより、さらにチルーの生息地が分断される危険性が生じた。QTRには動物通路（アンダーパス）が設置してある（写真1）が、チルーは警戒心が強いいため、アンダーパスを利用しているかどうか疑問に残る。本研究は、2頭のメスのチルーに発信機（PTT）を装着し、その移動経路・アンダーパスの利用率と利用場所、利用時間及び生息環境をGIS（Geographic Information System）・リモートセンシング技術を用いて調べ、この空間情報を基に、QTR建設がチルーの生息にどのような影響があるのかを明らかにすることにした。

3. 対象地域

青海省可可西里国家自然保護区、特に青藏鉄道五道梁（ウードォーリャン）付近を対象地とした。この範囲にはアンダーパスが約9個設置してあり、チルーはそれを利用し、繁殖地と越冬地を往来していると考えられる（写真1）。

4. 方法

4.1 使用したデータ

- ・ALOS（Advanced Land Observing Satellite）のAVNIR-2（可視・近赤外、10 m 分解能）－2006年9月15日が2シーン、9月19日、2007年4月1日が2シーン、4月28日、4月30日が2シーン、5月29日、9月20日、10月7日、2008年8月24日の計12シーンのデータを用いた。
- ・SPOT VEGETATION（1 km 分解能）－2007年8月～2008年7月（10日毎最大値のNDVIデータ）



写真1：QTRのアンダーパスの例

- ・SRTM（Shuttle Radar Topography Mission, 90 m 分解能）標高データ
- ・Human footprint データベース（2007年1 km メッシュデータ）：人間の経済活動などによる環境への負荷としての指標があり、人間の経済活動が生態系を踏みつけた足跡という意味を込めた比喩的な表現から名づけられた。具体的にロードマップなどから人間の足跡をカウントしてデータベース化されている¹⁰⁾。
- ・ARGOS データ：2頭のメスのチルー（それぞれID 75835・ID 75836）につけた発信機ARGOS PTTから送られた情報（2007年8月28日～2008年11月17日までの移動経路・滞在時間など）。
- ・NDVI（Normalized Difference Vegetation Index）とは正規化植生指数のことで、人工衛星の赤と近赤外バンド間の比率計算で得られる指標であり、植生の光合成活性の度合いを示すものである。

4.2 データ解析

はじめに、すべての point, polygon, polyline のデータをリモートセンシングのソフトウェアである ENVI・ERDAS IMAGIN のファイルフォーマットに変換し、精密幾何補正した上で、GIS ソフトウェアにインプットする。ArcMap を用いて ALOS 画像から必要な情報（線路と道路など）を抽出する。GIS 環境ですべてのデータをオーバーレイさせ、チルーについての過去の文献（1）～（10）を参考に、チルーの行動範囲を越冬地・繁殖地・中継地の3つに分けて、QTR 周辺の環境利用や鉄道利用回数などを調べた。さらに、SRTM（標高データ）、Human footprint（人的要因データ）、SPOT VEGETATION（植生データ）とチルーの追跡の ARGOS データとオー

バーレイさせ、チルーの環境利用も解析する。

5. 結 果

5.1 ARGOS 衛星追跡結果

表1で ARGOS システムの精度を示した。表1で示したように、今回使用した ALOS 画像は12シーンで、チルーの追跡ポイントは ID 75835 個体が71個、ID 75836 個体が56個である。チベット高原の厳しい環境の影響で、ARGOS システムの精度の高いデータが少なかったため、精度の低いデータも参考に使用した。図2は2007年8月28日～2008年11月17日まで ARGOS の追跡したチルーの移動デー

タを ALOS 衛星データと重ねた結果である。

図3に示したように、2007年9月～2008年5月、2008年9月～11月を越冬地での行動とし、2008年6月下旬～7月上旬を繁殖地での行動とした。また2008年6月～8月下旬を中継地での行動とした^{2),5)}。ID 75835 個体のチルーは2007年と2008年では越冬地が変わった、それでその越冬地をⅠとⅡに分けた。越冬地より繁殖地の追跡ポイント数が少ないのは、チルーの子供は産まれてすぐに立てるようになり、すばやく移動もできるようになるため、繁殖地には1ヶ月ほどしか滞在しないからであると考えられる^{6),7)}。

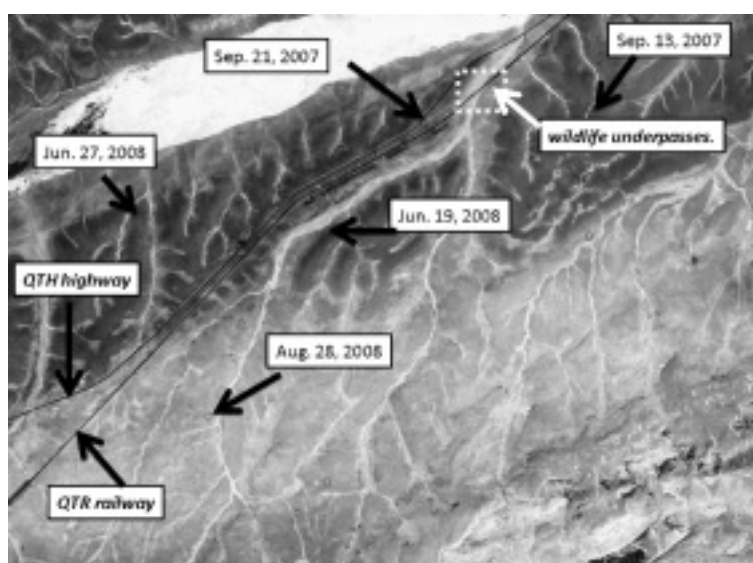


図2 チルーの季節移動と QTR, 国道との関係 (アンダーパスを利用したことが確認された)

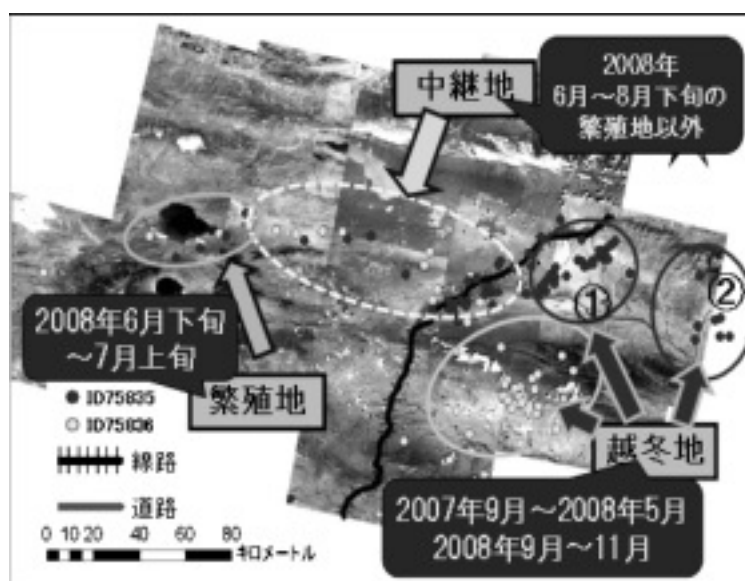


図3 チルーの季節移動

図4(a,b)はチルーの月毎の移動のポイントとその月の SPOT VEGETATION NDVI の最大値を示した図である。図4(a,b)からチルーの越冬地の植生指数の値が繁殖地より高いことが分かった。また、中継地は比較的植生状態が良いコリードを利用しながら移動していることが分かった。

故に、チルーは QTR を渡った月が6月で、繁殖地

では植生が低いところに生息し、越冬地では植生指数が高い所にいるということがわかった。

表2より、NDVI 値の平均が越冬地よりも繁殖地のほうが高いのは、冬に積雪するため、植物が確認できないためだと考えられる。しかし、図4から同じ季節では繁殖地に比べ、越冬地の NDVI の値が高いことが確認できる。

表1 アルゴス (ARGOS) システムのロケーションエラーとチルーの追跡データ精度

Location Classes (LC)	Estimated accuracy in latitude and longitude	ID75835	ID75836
3	> 150m	2	0
2	150m < accuracy < 350m	2	2
1	350m < accuracy < 1,000m	14	10
0	> 1000m	3	5
A	No estimate of location accuracy	19	23
B	No estimate of location accuracy	31	16
Z	(Invalid location)	No	No
Total		71	56

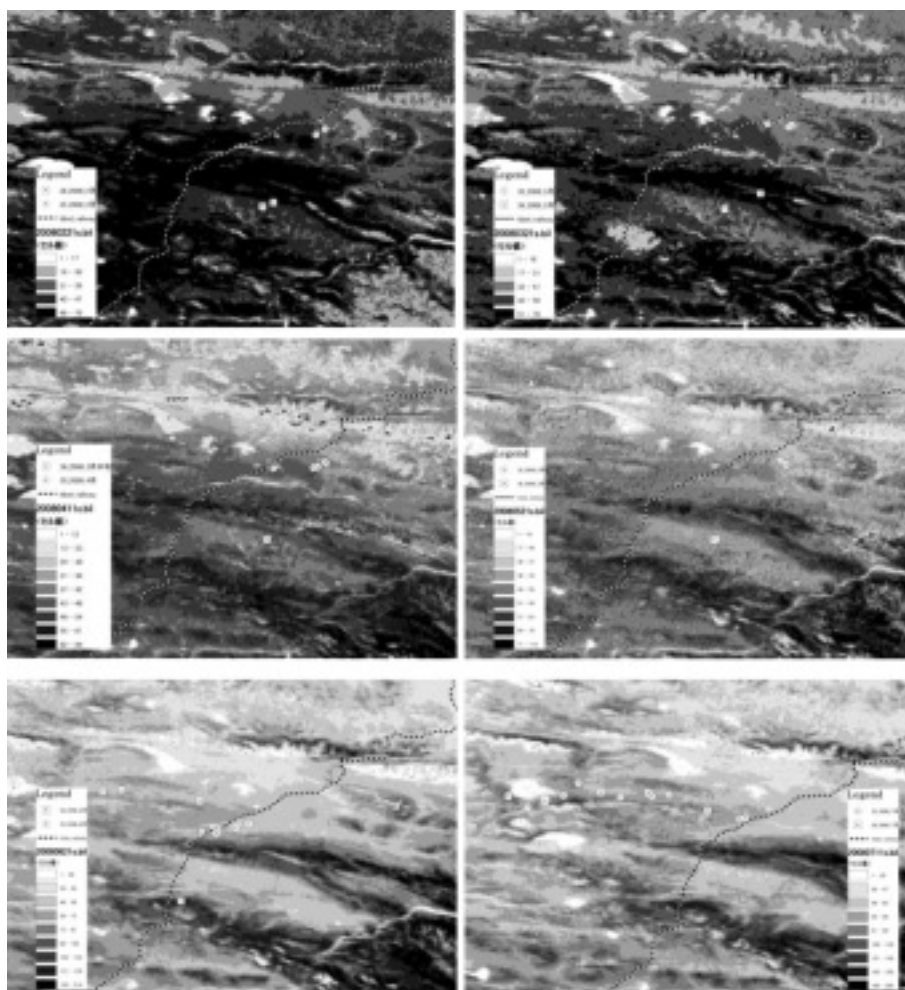


図4(a) チルーの季節移動と植生指数の変化 (2007年8月~2008年1月まで)

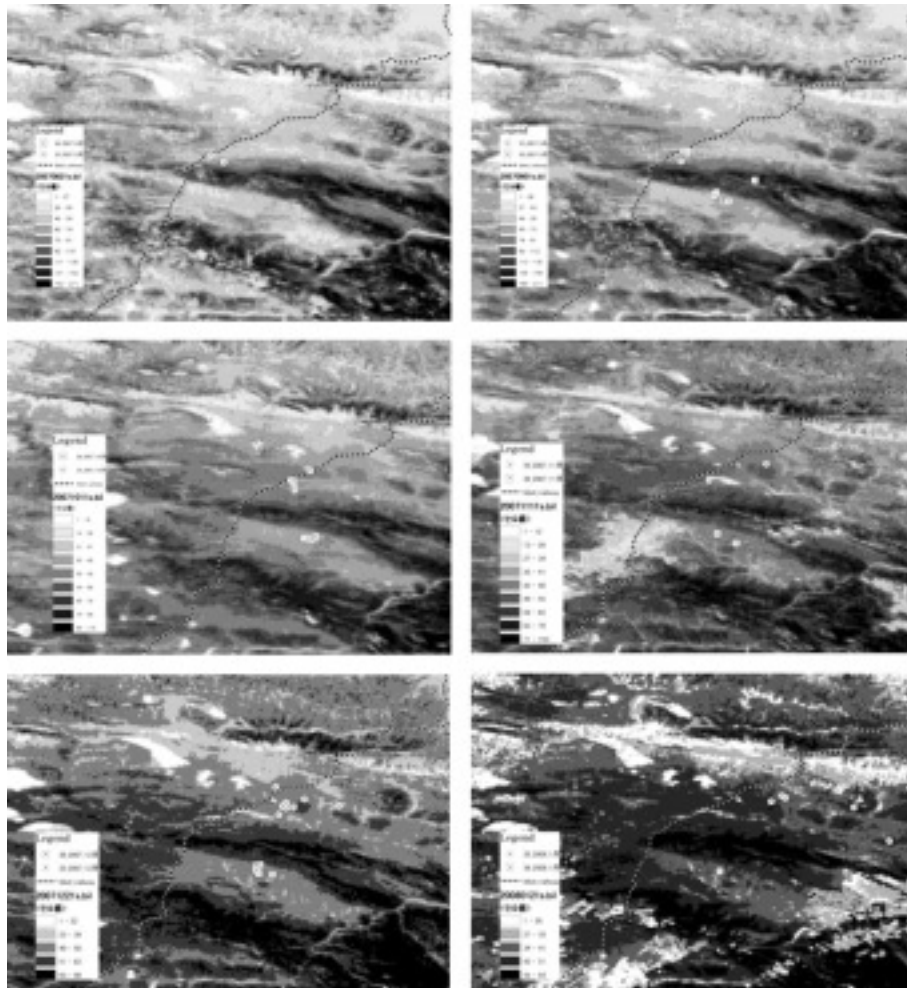


図 4(b) チルーの季節移動と植生指数の変化 (2008 年 2 月～2008 年 7 月まで)

5.2 越冬地

次に、越冬地での行動パターンを解析した。図 5 (a,b,c,d,e,f) は ID 75835 の越冬地における水場周辺の PTT Point に 1 km バッファ解析した結果である。図 5 (a,b) が 2007 年で図 5 (c,d) が 2008 年のポイントである。図 5 共に、白色の矢印は河川を表し、黒色の矢印は次の移動方向を示している。主に河川付近にいたことから河川を水場として利用していることが考えられる。同様に、図 5 (e,f) でも ID 75836 のチルーも越冬地での水場として主に河川を利用していることが分かった。

図 6 に示したように、越冬期での標高は、ID 75835 の①が 4,500～4,700 m、②が 4,350～4,550 m だった。ID 75836 は 4,450 m～4,950 m だった。

図 7 より、ID 75835 は 2007 年には比較的に鉄道近くを越冬地として利用していたが、2008 年になると鉄道から離れた場所を越冬地としていることがわかった。一方、ID 75836 は 2007, 2008 年共に Human

表 3 水場までの距離

		最大(km)	最小(km)
ID75835	越冬地①	11.73	0.074
	越冬地②	1.03	0.33
ID75836	越冬地	6.92	0.053

footprint の値が最も低い場所を越冬地としていた。つまり、人為的要因の少ない場所にいるということがわかった。

2 頭ともに鉄道を越えてからは、ほとんど人の手が加わっていない場所を中継し、繁殖地は人為的要因の少ない場所であるということがわかった。

5.3 繁殖地

図 8 でチルーの次に繁殖地での行動パターンを示した。図 8, 9 に示したように、繁殖地では主にモンゴル語でフーテンノール (Huiten Nur, 冷たい湖の意味) という湖を中心に水場があるココシリ自

表 2 移動日時と NDVI の値

(a) ID75835

繁殖		越冬	
month	NDVI	month	NDVI値
2008/ 6/ 3	47	2007/ 8/28	50
2008/ 6/ 7	49	2007/ 9/ 1	72
2008/ 6/19	56	2007/ 9/13	65
2008/ 6/19	57	2007/ 9/17	66
2008/ 6/23	60	2007/ 9/21	40
2008/ 6/23	62	2007/10/ 3	53
2008/ 6/27	61	2007/10/11	45
2008/ 7/ 5	84	2007/10/19	52
2008/ 7/ 5	71	2007/10/27	46
2008/ 7/ 5	85	2007/10/31	45
2008/ 7/13	71	2007/11/ 4	46
2008/ 7/17	81	2007/11/12	47
2008/ 7/21	59	2007/12/ 2	48
2008/ 7/21	64	2007/12/ 6	46
2008/ 7/25	66	2007/12/10	51
2008/ 7/29	73	2007/12/18	24
2008/ 7/29	73	2007/12/22	47
平 均	65.82	2007/12/26	49
		2007/12/26	47
		2007/12/30	46
		2008/ 1/ 7	38
		2008/ 1/11	47
		2008/ 1/15	48
		2008/ 1/19	33
		2008/ 1/31	37
		2008/ 2/24	41
		2008/ 2/28	42
		2008/ 3/ 3	40
		2008/ 3/15	33
		2008/ 3/23	30
		2008/ 4/ 4	39
		2008/ 4/ 8	39
		2008/ 4/12	45
		2008/ 4/16	40
		2008/ 4/20	43
		2008/ 5/ 6	36
		2008/ 5/10	40
		2008/ 5/22	38
		平 均	44.58

(b) ID75836

繁殖		越冬	
month	NDVI	month	NDVI値
2008/ 6/ 3	80	2007/ 8/28	60
2008/ 6/11	52	2007/ 9/ 1	75
2008/ 6/11	54	2007/ 9/ 1	59
2008/ 6/19	53	2007/ 9/ 5	117
2008/ 6/23	60	2007/ 9/13	59
2008/ 6/23	56	2007/10/ 3	47
2008/ 6/27	58	2007/10/11	45
2008/ 7/ 1	47	2007/10/15	47
2008/ 7/ 5	62	2007/10/23	45
2008/ 7/ 9	64	2007/10/27	42
2008/ 7/ 9	61	2007/11/16	49
2008/ 7/13	80	2007/11/20	44
2008/ 7/17	93	2007/12/10	45
2008/ 7/21	56	2007/12/18	43
2008/ 7/25	58	2007/12/26	45
2008/ 7/29	95	2007/12/26	45
平 均	64.31	2007/12/30	43
		2008/ 1/31	41
		2008/ 2/ 8	40
		2008/ 2/28	45
		2008/ 3/ 7	52
		2008/ 3/15	42
		2008/ 5/22	40
		2008/ 5/30	41
		平 均	50.46

然保護区の草原を利用している。

図 10 で示したように、繁殖地での標高は、ID 75835 が 4,500～4,900 m で ID 75836 は 4,500～4,950 m の高所で比較的平坦な場所であるということがわかった。

5.4 中継地

図 11 ではチルーの中継地における QTR 利用回数と日付を出したものである。これより、ID 75835 は 6 回、ID 75836 は繁殖地と越冬地を 2 回往來していることから出産のために QTR を渡ったと考えら

れる。従ってもう一個体 ID 75835 のチルーは 2007 年にはよくアンダーパスを利用しているということがわかった。

5.5 チルーの生息地別環境利用

表 4 (a,b) より、チルーは高所で平坦な草原に生息し、繁殖時には植生の豊富なところを求めているのではなく、出産するために、平坦でより安全な場所へと移動するということが考えられる。一方、越冬時には子供を育てたり、栄養をより多くとったりするため、植生の良い場所に生息するということが

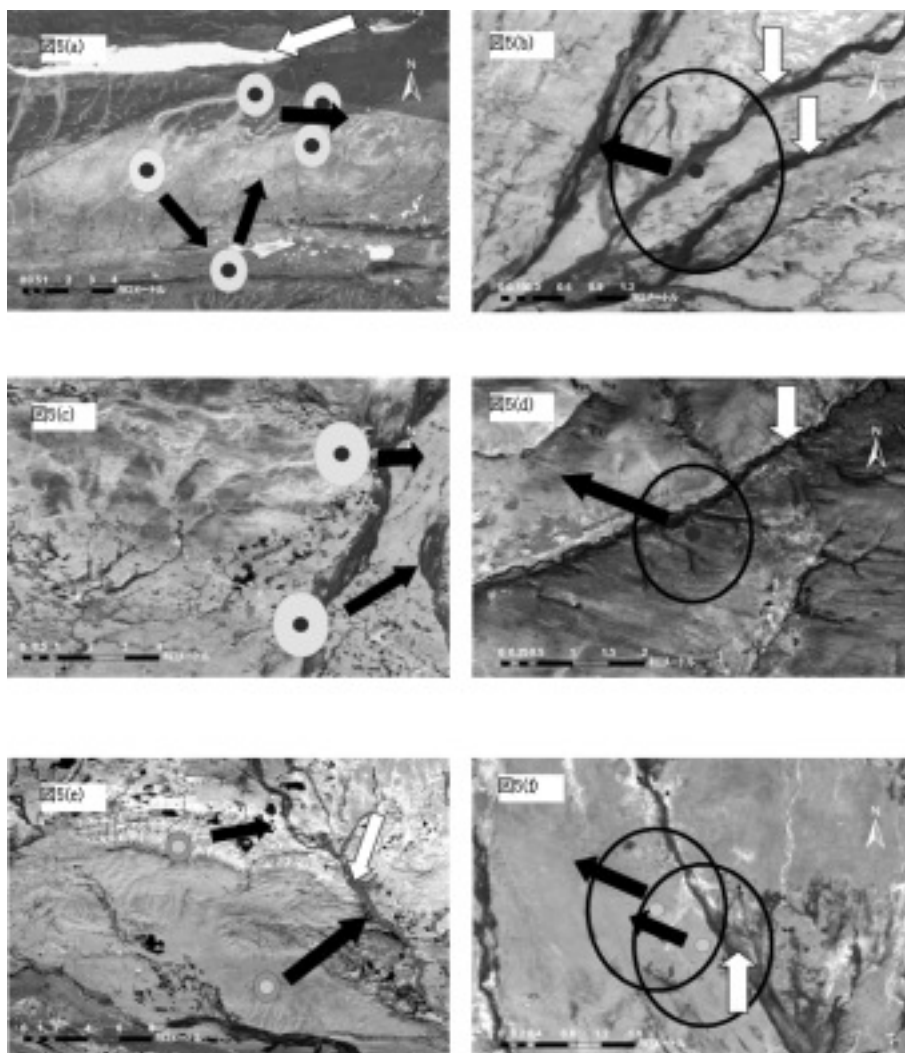


図 5(a,b,c,d,e,f) チルーの越冬地での行動パターン

考えられる。また、生息地周辺は必ず水場を確保していることがわかった。ID 75835 と ID 75836 のチルーは越冬地と繁殖地の間に鉄道路線があり、分断されていることと、必ず QTR を渡らなければならないことから、QTR の建設はチルーにとって影響があるということが明らかになった。

6. 考 察

チルーが繁殖時に、より安全な場所を好むのは、捕食者や寄生虫などから逃れ、子孫を安全に残すためであると考えられる^{2),3),4)}。また本研究のデータ解析から ID 75836 のチルーは鉄道からかなり離れている所を利用していること、繁殖・越冬の移動回数がそれぞれ 1 回しかないということから、子供を連れてくる可能性が考えられる。一方、ID 75835 のチルーは 2008 年に 2007 年と違う場所に越冬したこと

から、鉄道のアンダーパスを通過する際、別の群れに入ったか、もしくは出産し、子供を連れてくるので警戒しているのではないかと考えられる。

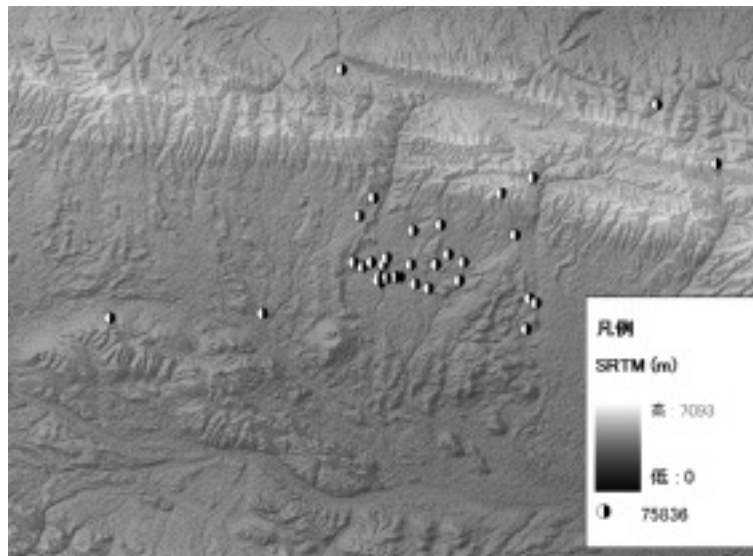
謝 辞

本研究は日本科学技術振興会・科学研究費補助金・基盤研究 (A) 19255005 (代表：星野仏方) の補助で行った成果である。現地調査には姜兆文博士 (WMO)、呉曉民所長・劉楚光研究員 (陝西省動物研究所)、浅川満彦教授 (酪農学園大学獣医学部)、本川雅治博士 (京都大)、崔慶虎博士 (中国河南大学)、マハムト・ハリク教授 (中国新疆大学) のご指導とご協力を頂きました。ここで深く感謝します。

参 考 文 献

- 1) Wildlife Conservation Society 2300 Southern

(a) ID 75836 個体の越冬地周辺の標高



(b) QTR 周辺に越冬する ID 75835 個体

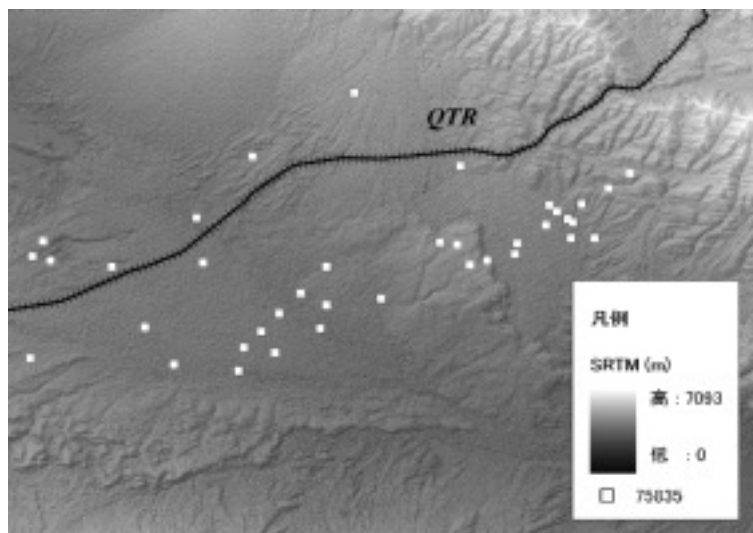


図 6 越冬地の標高とチルールの分布

- Boulevard Bronx, NY 10460-1099 USA 『A Petition to List the Tibetan Antelope (*Pantholops hodgsonii*) as an Endangered Species Pursuant to the U.S. Endangered Species Act of 1973』.
- 2) George B Schaller, KANG Aili, CAI Xinbin, 2006, 『Migratory and calving behavior of Tibetan antelope population』 *Acta Theriologica Sinica*, 26(2): 105-113. (in Chinese)
 - 3) George B Schaller, KANG Aili, HASHI Tashi-Dorjie, 2007, 『A winter wildlife survey in the northern Qiangtang of Tibet Autonomous Region and Qinghai Province, China』, *Acta Theriologica Sinica*, 27(4): 309-316. (in Chinese)
 - 4) Joseph L. FOX, Bard-Jorgen BARSEN, 2005, 『Density of Tibetan antelope, Tibetan wild ass and Tibetan gazelle in relation to human presence across the Chang Tang Nature Reserve of Tibet, China』. *Acta Zoologica Sinica*, 51(4): 586-597.
 - 5) Cui Qinghu, 2006, 『Influences of human activities and slope on the habitat of Tibetan antelope (*Pantholops hodgsoni*) based on GIS

表 4(a,b) チルーの環境利用パターン

(a) ID75835個体

時期	標高 (m)	NDVI	合計移動距離 (km)	水場	周辺の環境
越冬期 ①	4450～ 4700m	高い	325.6	河川を利用	鉄道・道路の付近に生息。
越冬期 ②	4350～ 4550m	高い	152.4	河川を利用	前年よりも 鉄道・道路から離れていた。
繁殖期	4500～ 4900m	低い	327.7	湖 (Huiten Nur) を利用	高所で平坦な草原。 人里から離れている。

(b) ID75836個体

時期	標高 (m)	NDVI	合計移動距離 (km)	水場	周辺の環境
越冬期	4450～ 4950m	高い	189	河川を利用	人里から離れ生息している。
繁殖期	4500～ 4950m	低い	573.9	湖 (Huiten Nur) を利用	高所で平坦な草原。 人里から離れている。

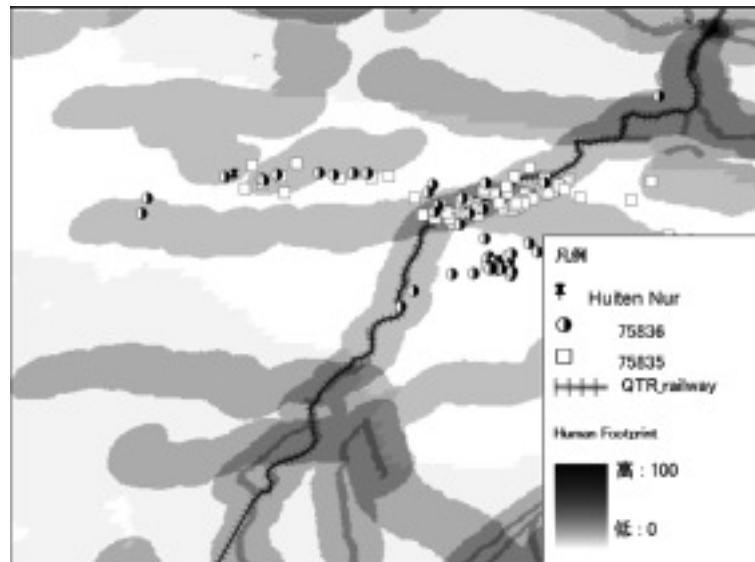


図 7 チルーの生息地における人間の足跡 (human footprint) (繁殖地と越冬地周辺の値は 6 で, QTR, 及び青藏公路 (国道) の建設により, 中継地の値は 2 倍の 13 である)

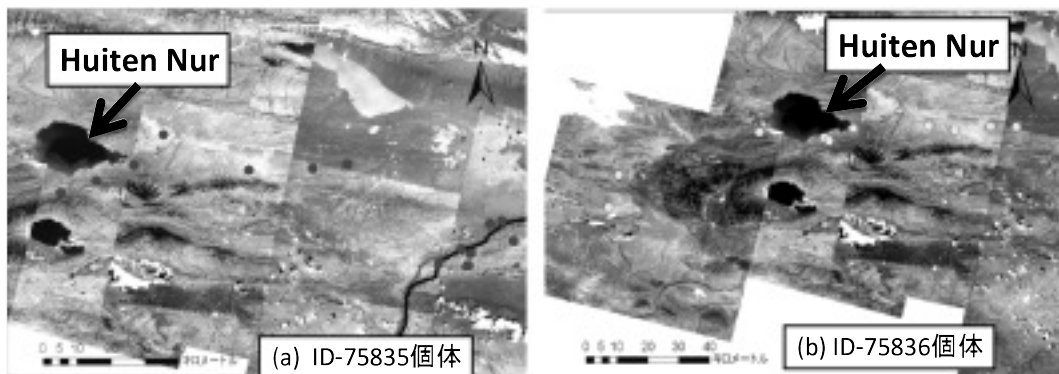


図 8 チルーの繁殖地での行動 (Huiten Nur を中心に, その周辺の草地を利用している)

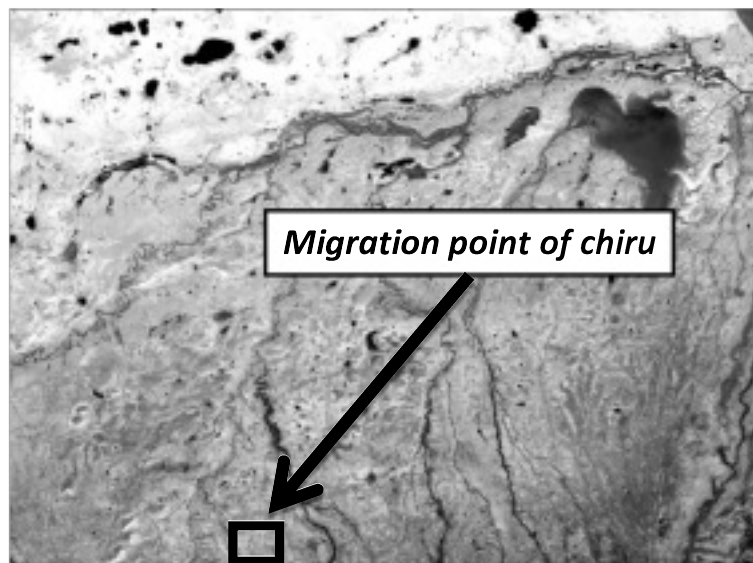


図9 水場を中心に行動するチルールの行動（国道とQTRはチルールの繁殖地を分断している）

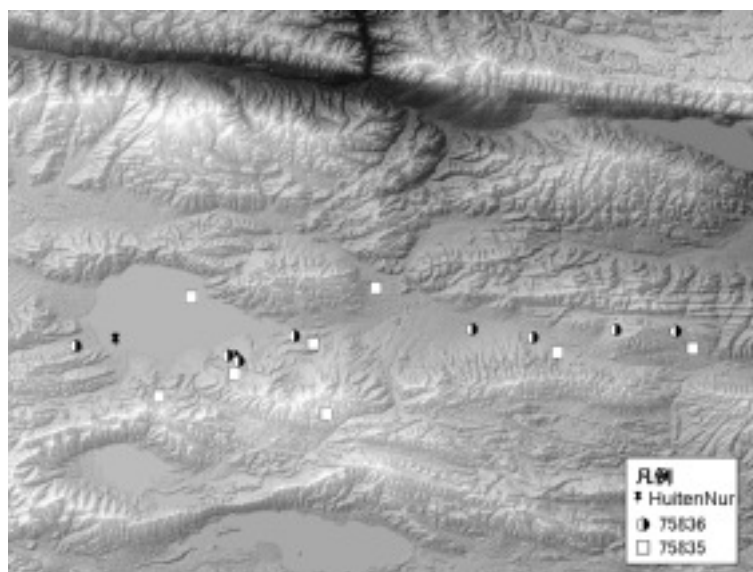


図10 チルル出産地周辺の地形（フーテンノール周辺のより平坦な場所を利用している）

- in Qinghai province, (Thesis of Ph.D Degree), Chinese Academy of Sciences. (in Chinese)
- 6) Xia Lin, Yang Qisen Li Zengchao, Wu Yonghua and Liang Mengyuan. 2005. Disturbance of Transportation Facilities to Seasonal Migration of Tibetan Antelopes in Hoh-xil National Nature Reserve. *Sichun Journal of Zoology*. 24(2): 147-151.
 - 7) Effects of traffic during daytime and other human activities on the migration of Tibetan Antelope along the Qinghai-Tibet high-way, Qinghai-Tibet Plateau, *Acta Zoologica Sinica*, 50(4): 669-674. (in Chinese)
 - 8) Lin Xia, Qisen Yang, Zengchao Li, Yonghua Wu and Zuojian Feng. 2007. Assessment of Traffic Disturbance to Migration of Tibetan Antelopes (*Pantholops hodgsonii*) in Hoh-xil National Nature Reserve, China. *Oryx*. 41(3): 352-357.
 - 9) Baofa Yin, Huyin Zhun, Li Jing. 2006: 『Influence of Qinghai-Tibetan Railway and Highway on Wild Animal's Activity』, *Acta*

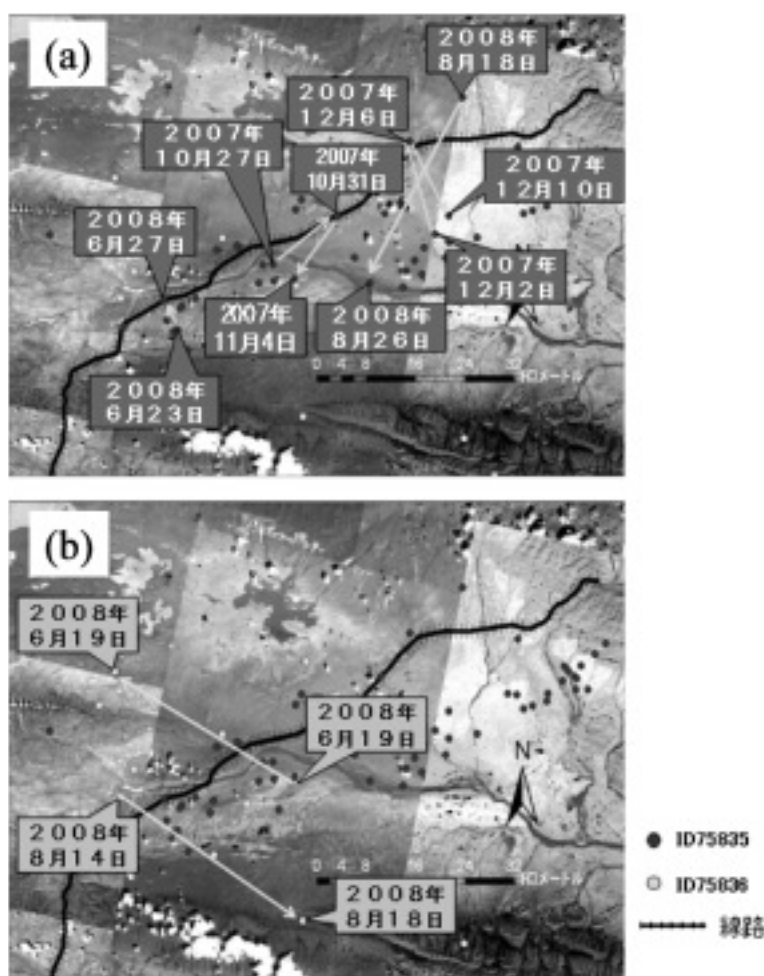


図 11(a,b) チルーの QTR 利用回数と日付 ((a) は ID 75835 個体の中継地での鉄道アンダーパスの利用状況; (b) は ID 75836 個体の鉄道アンダーパスの利用状況)

Ecologica Sinica, Vol. 26, No. 12. (in Chinese)
 10) 星野仙方, 姜兆文, 劉楚光, 吉田剛司, S. Ganzorig 2009: チベット高原横断鉄道の野生動物への影響, 第 56 回日本生態学会大会講演要旨集, pp. 240-241.

要 約

本研究は青藏鉄道 (Qinghai Tibetan railway, QTR) を利用している大型哺乳類動物であるチベットアンテロープ (*Pantholops hodgsonii*, チルーと言う) の越冬地, 繁殖地と中継地での行動パターンを衛星追跡 ARGOS 発信機データから解析した。その

結果, チルーは高所で平坦な草原に生息し, 繁殖時には三江源の群れは鉄道を越え, 植生の豊富なところを求めているのではなく, 平坦で安全な場所に出産するために, ココシリの Huiten Nur を目指す。一方, 越冬時には子供を育てたり, 栄養をたくさんとったりするため, 植生の良い場所に生息することが考えられる。また, 生息地周辺は必ず水場を確保していることがわかった。発信機を装着した ID 75835 と ID 75836 の 2 個体のチルーは越冬地と繁殖地を往来するとき鉄道をそれぞれ 4 回以上と 2 回 (一回往来) 利用していることがわかった。

Abstract

The spatial and temporal patterns of the endangered Tibetan antelope (*Pantholops hodgsonii*) have been studied using satellite-based ARGOS platform transmitter terminal tracking data. The data were obtained from the satellite tracking of two female Tibetan antelopes that were collared with satellite transmitters and have been tracked from August 2007 to October 2008. Analysis of the locality data obtained is show

that both captured antelopes were migrant individuals, they shared the same calving ground in surrounds of the lake Huiten, but different wintering pastures. Each antelope individual covered 250 to 300 km from the wintering to summer pastures. Seasonal migration cycle was about 3 months, of these 27 to 30 days to reach the calving ground; 8 to 20 days to stay over there; 36 to 40 days was return way to the core area. Both chiru at least two times crossed both Qinghai-Tibetan railway (QTR) and Golmud-Lhasa highway (GLH), and reached calving ground (118 to 120 km from there) in 8 days. However, during forward and return migration the antelopes have spent 20 to 40 days in that area, probably looking for the passages and waiting. So far, we suppose that QTR and GLH became bottleneck factor for the migration of the chiru and do seriously delay its movement to and from calving area.